

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-115385

(43)Date of publication of application : 18.04.2003

(51)Int.Cl. H05B 33/14  
G09F 9/00  
G09F 9/30  
H05B 33/12  
H05B 33/22

(21)Application number : 2001-305857

(71)Applicant : JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY  
CORP  
HITACHI LTD

(22)Date of filing : 01.10.2001

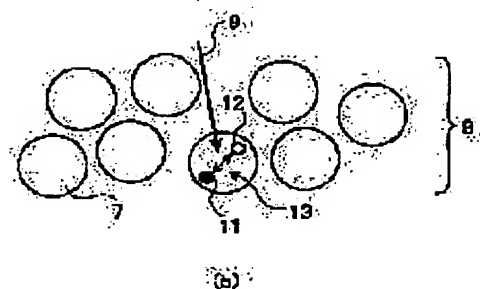
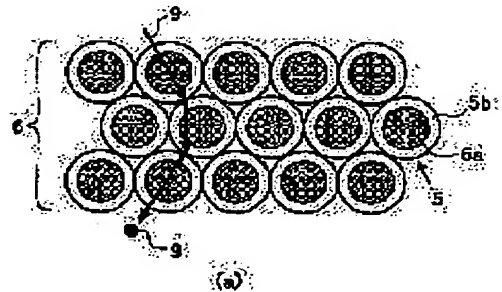
(72)Inventor : ANDO MASAHIKO  
SHIMADA JUICHI  
SHIINKI MASATOSHI  
ODA TOSHIMICHI  
KOSHIDA NOBUYOSHI

## (54) SOLID SPONTANEOUS LIGHT EMITTING DISPLAY EQUIPMENT AND ITS MANUFACTURING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method that can manufacture at low cost while providing the solid spontaneous light emitting display equipment of high luminosity, high efficiency, high reliability, and a thin shape.

**SOLUTION:** It has a light emitting thin film laminated or mixed with the insulated tunic crystal fine particles 5 of nm size and the phosphor fine particles 7 of nm size, and a light emitting part which consists of a lower electrode and a transparent upper electrode, which sandwich the light emitting thin film. The electrons 9 poured in from the lower electrode are accelerated inside of the insulated tunic crystal particle layer 6, without receiving dispersion according to the phonon to become high energy trajectory electrons, and generate excitons 13 by carrying out the collision excitation to the phosphor fine particles 7. Since the phosphor fine particles 7 are nm size, the concentration of the excitons becomes high, then the luminescence intensity by disappearance of the excitons becomes large.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開 2003-115385

(P2003-115385A)

(43)公開日 平成15年4月18日(2003.4.18)

(51)Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト <sup>*</sup> (参考)
H 0 5 B	33/14	H 0 5 B 33/14	Z 3K007
G 0 9 F	9/00	G 0 9 F 9/00 3 3 8	5C094
	9/30	9/30 3 6 5	Z 5G435
H 0 5 B	33/12	H 0 5 B 33/12	C
	33/22	33/22	Z
審査請求	有	請求項の数 1 6	O L (全9頁)

(21)出願番号 特願2001-305857(P2001-305857)

(22)出願日 平成13年10月1日(2001.10.1)

(71)出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 安藤 正彦

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(74)代理人 100082876

弁理士 平山 一幸 (外1名)

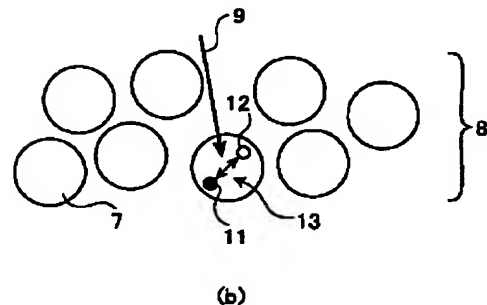
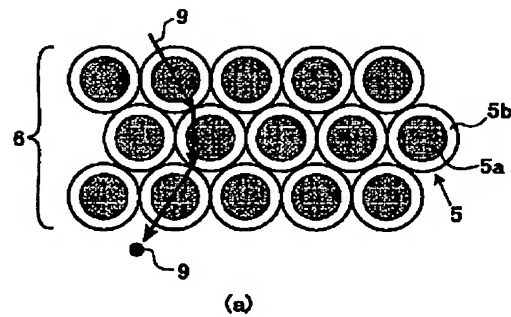
最終頁に続く

(54)【発明の名称】固体自発光表示装置及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 高輝度、高効率、高信頼性、かつ薄型の固体自発光表示装置を提供するとともに、低コストで製造し得る方法を提供する。

【解決手段】  $n$  mサイズの絶縁被膜結晶微粒子5と  $n$  mサイズの蛍光体微粒子7とを積層または混合した発光薄膜と、発光薄膜を挟持する下部電極と透明な上部電極とからなる発光部を有し、下部電極から注入された電子9は絶縁被膜結晶微粒子層6中をフォノンによる散乱を受けることなく加速されて高エネルギー弾道電子となり蛍光体微粒子7に衝突励起して励起子13を生成する。蛍光体微粒子7が  $n$  mサイズであるので励起子濃度が高くなり、励起子の消滅による発光強度が大きくなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 nm（ナノメートル）サイズの絶縁被膜結晶微粒子とnmサイズの蛍光体微粒子とを積層または混合した発光薄膜と、この発光薄膜を挟持する下部電極及び透明な上部電極と、からなる発光部を有し、上部電極と下部電極との間に直流または交流電圧を印加して発光表示することを特徴とする、固体自発光表示装置。

【請求項2】 前記nmサイズの絶縁被膜結晶微粒子は、nmサイズの半導体または金属の単結晶微粒子と、この単結晶微粒子の表面を覆うnm厚さの絶縁膜とからなることを特徴とする、請求項1に記載の固体自発光表示装置。

【請求項3】 前記nmサイズの単結晶微粒子は、真性または不純物をドーブしたnmサイズのSi単結晶微粒子であり、前記絶縁膜は上記Si単結晶微粒子の表面を覆うnm厚さのSiO<sub>2</sub>膜であることを特徴とする、請求項2に記載の固体自発光表示装置。

【請求項4】 前記nmサイズの蛍光体微粒子は、紫外光から可視光領域に対応するバンドギャップエネルギーを有する半導体微粒子であることを特徴とする、請求項1に記載の固体自発光表示装置。

【請求項5】 前記nmサイズの蛍光体微粒子は、ドナーまたはアクセプター、或いは、ドナー及びアクセプターを有することを特徴とする、請求項4に記載の固体自発光表示装置。

【請求項6】 前記nmサイズの蛍光体微粒子は、発光原子または発光原子イオンをドーブした半導体微粒子であることを特徴とする、請求項4または5に記載の固体自発光表示装置。

【請求項7】 前記上部電極と下部電極がマトリックス状電極に形成され、この上部電極と下部電極との交差部分を画素として単純マトリックス駆動することを特徴とする、請求項1に記載の固体自発光表示装置。

【請求項8】 走査配線と信号配線がマトリックス状電極に形成され、この走査配線と信号配線との交差部分に薄膜トランジスタが配設され、この薄膜トランジスタのゲート電極が上記走査配線に接続され、上記薄膜トランジスタのドレイン電極が上記信号配線に接続され、上記薄膜トランジスタのソース電極が画素電極に接続され、この画素電極と前記上部電極とで前記発光薄膜が挟持され、上記走査配線と信号配線とを選択して画素毎に上記薄膜トランジスタによるアクティブ駆動することを特徴とする、請求項1に記載の固体自発光表示装置。

【請求項9】 SiH<sub>4</sub>ガスを熱分解して空間に浮遊状態のnm（ナノメートル）サイズのSi単結晶微粒子を生成し、このSi単結晶微粒子を浮遊状態のままO<sub>2</sub>ガス雰囲気中に搬送して、上記Si単結晶微粒子の表面をnm厚さのSiO<sub>2</sub>膜で被覆することを特徴とする、固体自発光装置の製造方法。

【請求項10】 nm（ナノメートル）サイズの絶縁被膜結晶微粒子とnmサイズの蛍光体微粒子をそれぞれの溶媒に溶かし、それぞれの溶媒に基板を浸漬して引き上げて、この基板上に絶縁被膜結晶微粒子層と蛍光体微粒子層を積層することを特徴とする、固体自発光装置の製造方法。

【請求項11】 nm（ナノメートル）サイズの絶縁被膜結晶微粒子とnmサイズの蛍光体微粒子を共通の溶媒に溶かし、この溶媒に基板を浸漬して引き上げて、この基板上に絶縁被膜結晶微粒子と蛍光体微粒子とからなる混合層を積層することを特徴とする、固体自発光装置の製造方法。

【請求項12】 前記nmサイズの絶縁被膜結晶微粒子は、nmサイズの半導体または金属の単結晶微粒子と、この単結晶微粒子の表面を覆うnm厚さの絶縁膜とからなることを特徴とする、請求項10または11に記載の固体自発光表示装置の製造方法。

【請求項13】 前記nmサイズの単結晶微粒子は、真性または不純物をドーブしたnmサイズのSi単結晶微粒子であり、前記絶縁膜は上記Si単結晶微粒子の表面を覆うnm厚さのSiO<sub>2</sub>膜であることを特徴とする、請求項12に記載の固体自発光装置の製造方法。

【請求項14】 前記nmサイズの蛍光体微粒子は、紫外光から可視光領域に対応するバンドギャップエネルギーを有する半導体微粒子であることを特徴とする、請求項10または11に記載の固体自発光装置の製造方法。

【請求項15】 前記nmサイズの蛍光体微粒子は、ドナーまたはアクセプター、或いは、ドナー及びアクセプターを有することを特徴とする、請求項10または11に記載の固体自発光装置の製造方法。

【請求項16】 前記nmサイズの蛍光体微粒子は、発光原子または発光原子イオンをドーブした半導体微粒子であることを特徴とする、請求項14または15に記載の固体自発光装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、量子サイズ効果を利用した固体自発光表示装置並びにその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、液晶を使用した表示装置が広く普及しているが、液晶表示装置は原理上バックライトを使用するため、省電力、輝度といった特性で十分であるとは言えない。このため、液晶よりも高輝度、省電力、薄型、かつ、環境高耐性を実現できる表示装置として、全て固体部材で構成され、自ら発光する固体自発光表示装置の研究開発が盛んに行なわれている。従来の固体自発光表示装置には、EL（Electro Luminescence）表示装置がある。EL表示装置は、発光中心原子を有する半導体層とこの半導体層を挟む絶縁層

で構成されている。発光中心原子には可視光の蛍光を発する元素、例えばMn、あるいは希土類元素が用いられ、半導体層には可視光より大きなバンドギャップエネルギーを有する半導体、例えばZnS等が用いられ、絶縁層には半導体層の絶縁破壊を防止する薄膜、例えばSiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>薄膜等が用いられている。EL表示装置は、絶縁層を介して印加される高電界により半導体中の電子を加速して、発光中心原子を衝突励起して蛍光を発生させるものであり、電気エネルギーを直接光エネルギーに変換できることが特徴である。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ELを発光させるためには、半導体中の電子をフォノン散乱に抗して高エネルギー状態（ホットエレクトロン状態）まで加速しなければならないため発光効率が悪く、かなりの高電界（ $\sim 10^6$  V/cm以上）を必要とすると共に、絶縁破壊がおきやすいといった課題がある。また半導体層に有機材料を用いたEL表示装置も存在するが、有機材料が不安定なために劣化しやすく発光効率がすぐ低下してしまうと言った課題がある。また、加速電子（弾道電子）により発光中心原子を衝突励起して蛍光を発生させる表示装置としては、他に、FED（Field Emission Device）表示装置がある。しかしながら、FED表示装置は、電界放射型の電子銃を用いて電子を真空中に放出し、真空中で加速するため、比較的低電界で発光させることはできるが、真空の空間を必要とし、薄型にできないと言った課題がある。

【0004】上記課題に鑑み、本発明は、従来の表示装置に比べ飛躍的に高輝度、高効率、高信頼性、かつ薄型の固体自発光表示装置を提供し、また低コストで製造できるその製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の固体自発光表示装置は、nm（ナノメートル）サイズの絶縁被膜結晶微粒子とnmサイズの蛍光体微粒子とを積層または混合した発光薄膜と、この発光薄膜を挟持する下部電極及び透明な上部電極と、から構成した発光部を有し、上部電極と下部電極との間に直流または交流電圧を印加して発光表示することを特徴とする。本発明の固体自発光表示装置において、nmサイズの絶縁被膜結晶微粒子は、nmサイズの半導体または金属の単結晶微粒子と、単結晶微粒子の表面を覆うnm厚さの絶縁膜とからなることを特徴とする。本発明の固体自発光表示装置において、好ましくは、nmサイズの単結晶微粒子は、真性または不純物ドーパントnmサイズのSi単結晶微粒子であり、絶縁膜はSi単結晶微粒子の表面を覆うnm厚さのSiO<sub>2</sub>膜である。また、好ましくは、nmサイズの蛍光体微粒子は、紫外光から可視光領域に対応するバンドギャップエネルギーを有する半導体

微粒子である。前記nmサイズの蛍光体微粒子は、ドナーまたはアクセプター、或いは、ドナー及びアクセプターを有していてもよい。また、前記nmサイズの蛍光体微粒子は、発光原子または発光原子イオンをドーパした半導体微粒子であってもよい。

【0006】上記構成によれば、下部電極と上部電極に印加された電圧は発光薄膜中のnmサイズの絶縁被膜結晶微粒子のnm厚さの絶縁膜に分配され、下部電極から注入された電子は絶縁膜の電界によって加速され、絶縁膜をトンネリングまたは共鳴トンネリングして通過し、nmサイズの単結晶微粒子をフォノンによる散乱を受けることなく通過する（例えば特願2000-151448号明細書参照）。隣接する絶縁被膜結晶微粒子ごとに上記過程を繰り返し、電子は大きな運動エネルギーを獲得しnmサイズの蛍光体微粒子に衝突する。電子の運動エネルギーが蛍光体微粒子のバンドギャップエネルギー以上であれば、蛍光体微粒子中に電子とホールを生成し、電子とホールが自由励起子を形成する。蛍光体微粒子はnmサイズであるので、電子とホールは互いにnmサイズの空間に閉じ込められるから自由励起子の濃度が高まり、自由励起子の消滅による発光強度が大きくなる。また、蛍光体微粒子がドナーまたはアクセプター、或いは、ドナー及びアクセプターを有している場合には、生成した電子とホールがドナーまたはアクセプター、或いは、ドナー及びアクセプターを介して束縛励起子を形成する。蛍光体微粒子はnmサイズであるので、電子とホールは互いにnmサイズの空間に閉じ込められるから、束縛励起子の濃度が高まり、束縛励起子の消滅による発光強度が大きくなる。また、絶縁被膜結晶微粒子によって大きな運動エネルギーを有する電子が多量に生成されるので、蛍光体微粒子中の発光原子または発光原子イオンが多量に励起されて発光強度が大きくなる。このように本発明によれば、無損失で電子を加速でき、かつ励起子濃度が高いので発光効率が高く、かつ輝度が高い。また、発光薄膜が薄くかつ発光薄膜自身が発光するので極めて薄くできる。また、印加電圧が低いので信頼性が高い。

【0007】また、本発明の固体自発光表示装置は、上部電極と下部電極がマトリックス状電極に形成され、上部電極と下部電極との交差部分を画素として単純マトリックス駆動することを特徴とする。この構成によれば、高効率、高輝度、薄型、かつ信頼性の高い、画像表示装置を提供することができる。

【0008】さらに、本発明の固体自発光表示装置は、走査配線と信号配線がマトリックス状電極に形成され、走査配線と信号配線との交差部分に薄膜トランジスタが配設され、薄膜トランジスタのゲート電極が走査配線に接続され、薄膜トランジスタのドレイン電極が信号配線に接続され、薄膜トランジスタのソース電極が画素電極に接続され、画素電極と上部電極とで発光薄膜が挟持さ

10

20

30

40

50

れ、走査配線と信号配線とを選択して画素毎に薄膜トランジスタによるアクティブ駆動することの特徴としている。この構成によれば、隣り合う画素との消光比を高くできるので、高効率、高輝度、薄型、信頼性の高い、かつ極めて高分解能の画像表示装置を提供することができる。

【0009】つぎに、本発明の固体自発光装置の製造方法は、 $\text{SiH}_4$  ガスを熱分解して空間に浮遊状態のnmサイズのSi単結晶微粒子を生成し、Si単結晶微粒子を浮遊状態のまま $\text{O}_2$  ガス雰囲気中に搬送してSi単結晶微粒子の表面をnm厚さの $\text{SiO}_2$  膜で被覆することを特徴としている。この構成によれば、Si単結晶微粒子が空間に浮遊状態で生成されるから、また、浮遊状態でSi単結晶微粒子の表面に $\text{SiO}_2$  膜が形成されるから、Si単結晶微粒子同士が接触して結合してしまうことがなく、互いに分離した $\text{SiO}_2$ 被膜Si単結晶微粒子を得ることができる。

【0010】上記方法に代えて、nmサイズの絶縁被膜結晶微粒子とnmサイズの蛍光体微粒子をそれぞれの溶媒に溶かし、それぞれの溶媒に基板を浸漬して引き上げて、基板上に絶縁被膜結晶微粒子層と蛍光体微粒子層を積層することで固体自発光装置を製造することができる。この構成によれば、nmサイズの絶縁被膜結晶微粒子を溶かした溶媒に基板を浸漬して引き上げるにより、絶縁被膜結晶微粒子が互いに密に配列した絶縁被膜結晶微粒子一層からなる絶縁被膜結晶微粒子層が基板上に積層される。所定の層厚になるまで上記工程を繰り返し、次に、蛍光体微粒子を溶かした溶媒に基板を浸漬して引き上げるにより、絶縁被膜結晶微粒子層上に蛍光体微粒子が互いに密に配列した蛍光体微粒子一層からなる蛍光体微粒子層が積層される。所定の層厚になるまで上記工程を繰り返すことにより、所望の膜厚の絶縁被膜結晶微粒子層と所望の膜厚の蛍光体微粒子層とが積層された発光薄膜が得られる。この方法によれば、微粒子間の隙間が無く、従って高効率で発光させることができる。また、特別な装置を必要とせず、極めて低コストで製造できる。

【0011】また、本発明の固体自発光装置の製造方法は、nmサイズの絶縁被膜結晶微粒子とnmサイズの蛍光体微粒子とを共通の溶媒に溶かし、溶媒に基板を浸漬して引き上げて、基板上にnmサイズの絶縁膜被覆結晶微粒子とnmサイズの蛍光体微粒子との混合層を積層することを特徴とする。この構成によれば、絶縁被膜結晶微粒子と蛍光体微粒子とが溶けた溶媒に基板を浸漬し引き上げることによって、絶縁被膜結晶微粒子と蛍光体微粒子とが互いに密に配列した絶縁被膜結晶微粒子と蛍光体微粒子からなる一層が、基板上に堆積される。上記工程を繰り返して、所望の膜厚の発光薄膜が得られる。この方法によれば、微粒子間の隙間が少なく、従って高効率で発光させることができる。また、特別な装置を必要

とせず、極めて低コストで製造できる。

【0012】好ましくは、前記nmサイズの絶縁被膜結晶微粒子は、nmサイズの半導体または金属の単結晶微粒子と、単結晶微粒子の表面を覆うnm厚さの絶縁膜とからなっている。また、好ましくは、nmサイズの単結晶微粒子は、真性または不純物ドーパドnmサイズのSi単結晶微粒子であり、絶縁膜はSi単結晶微粒子の表面を覆うnm厚さの $\text{SiO}_2$  膜とからなる。前記nmサイズの蛍光体微粒子は、紫外光から可視光領域に対応するバンドギャップエネルギーを有する半導体微粒子であってもよい。またnmサイズの蛍光体微粒子は、ドナーまたはアクセプター、或いは、ドナー及びアクセプターを有していてもよい。さらに、nmサイズの蛍光体微粒子は、発光原子または発光原子イオンをドーパした半導体微粒子であってもよい。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の図面において実質的に同一または対応する部材については同一符号を使用して説明する。図1は本発明の固体自発光表示装置の発光部の構成を示す模式断面図である。図1(a)は、絶縁被膜結晶微粒子層と蛍光体微粒子層を二層構造に積層する構成を示す図であり、図1(b)は、絶縁被膜結晶微粒子層と蛍光体微粒子層とを交互に一層ずつ積層する構成を示す図であり、図1(c)は、絶縁被膜結晶微粒子と蛍光体微粒子とからなる混合層を積層する構成を示す図である。図1において、発光部1は、下部電極2と下部電極2に積層した発光薄膜3と発光薄膜3上に形成した透明な上部電極4で構成されている。

【0014】発光薄膜3は、図1(a)の場合、絶縁被膜結晶微粒子5から成る絶縁被膜結晶微粒子層6と、蛍光体微粒子7からなる蛍光体微粒子層8とを積層して構成されている。また、図1(b)の場合、発光薄膜3は、絶縁被膜結晶微粒子層の一層から成る絶縁被膜結晶微粒子層6と蛍光体微粒子層の一層から成る蛍光体微粒子層8とを交互に一層ずつ積層して構成されている。さらに、図1(c)の場合、発光薄膜3は、絶縁被膜結晶微粒子5と蛍光体微粒子7とが混合した層を積層して構成されている。下部電極2は、例えばn型高導電率Si基板2であり、上部電極4は、導電性を有しかつ可視光に透明なITO膜である。

【0015】図2は、本発明の固体自発光表示装置の動作原理を説明するための模式図であり、図2(a)は絶縁被膜結晶微粒子層を拡大して示し、図2(b)は蛍光体微粒子層を拡大して示している。図2(a)において、絶縁被膜結晶微粒子層6は絶縁被膜結晶微粒子5が互いに密に配列して構成されており、この図は、絶縁被膜結晶微粒子5を、nmサイズのSi単結晶微粒子5aとSi単結晶微粒子5aの表面を覆うnm厚さの $\text{SiO}_2$  膜5bとで構成した例を示している。典型的な例で

は、Si単結晶微粒子5aの径は7nmであり、SiO<sub>2</sub>膜5bの厚さは3nmである。図2(b)において、蛍光体微粒子層8は蛍光体微粒子7が互いに密に配列して構成されており、この蛍光体微粒子7は、紫外光から可視光に対応するバンドギャップエネルギーを有する半導体であり、例えばZnSである。

【0016】次に、発光部の発光メカニズムについて説明する。下部電極2と上部電極4との間に、上部電極4側の電位が高くなるように電圧を印加する。電圧は絶縁被膜結晶微粒子層6を構成するそれぞれの絶縁被膜結晶微粒子5、すなわちSiO<sub>2</sub>被膜Si単結晶微粒子5のSiO<sub>2</sub>膜5bに分配される。下部電極2から引き出された電子9は、SiO<sub>2</sub>膜5bに印加されている電界によって加速され、SiO<sub>2</sub>膜5bの厚さが薄いので、トンネリングまたは共鳴トンネリングによってSiO<sub>2</sub>膜5bを通過する。Si単結晶微粒子5a中の電子は、Si単結晶微粒子5aの径が小さいので、量子サイズ効果によりフォノンによる散乱を受けることなく、すなわち運動エネルギーを失うことなく通過する。図2(a)に示すように、電子9はSiO<sub>2</sub>被膜Si単結晶微粒子5を通過する毎にSiO<sub>2</sub>膜5bで加速、及びSi単結晶微粒子5a中の無損失通過をくり返し、蛍光体微粒子7を励起し蛍光を発生させるのに十分な運動エネルギーを獲得してSiO<sub>2</sub>被膜Si単結晶微粒子層6を出射する。

【0017】図2(b)に示すように、蛍光体微粒子7を励起し蛍光を発生させるのに十分な運動エネルギーを獲得した電子9は、nmサイズの蛍光体微粒子7に衝突し、衝突励起によって蛍光体微粒子7の伝導帯に電子11を、及び価電子帯にホール12を生成する。これらの電子11とホール12は互いの電荷に基づくクーロンポテンシャルによって自由励起子13を形成する。これらの電子11とホール12は蛍光体微粒子7内、すなわちnmサイズの空間に閉じ込められるのでクーロン相互作用が強く、自由励起子13の生成確率が増大し自由励起子濃度が増大する。自由励起子濃度が大きいので、自由励起子13の消滅に伴って発生する発光強度が増大する。自由励起子エネルギーは母体の半導体結晶のバンドギャップエネルギーに依存するから、半導体の種類を選択することによって発光波長を選択できる。例えば、ZnSを用いれば青色が、GaAsを用いれば赤色が発光する。

【0018】このように、本発明によれば、蛍光体を励起するための高エネルギー電子の生成効率が極めて高く、また、励起子濃度が極めて高いので、高効率発光及び高輝度発光が可能になる。また、電子9を加速する過程で電子9がフォノンによる散乱を受けないので、絶縁被膜結晶微粒子5の絶縁破壊が生じにくい。従って、発光薄膜3の厚さを極めて薄くして電界強度を高めることができ、また、極めて薄型にできると共に信頼性が高

い。

【0019】また、蛍光体微粒子7にドナーあるいはアクセプターがドーピングされている場合には、ドナーあるいはアクセプターを介した励起子、すなわち束縛励起子13が生成される。また、ドナー及びアクセプターがドーピングされている場合には、ドナー及びアクセプターを介して束縛励起子13が生成される。この場合にも電子11とホール12は蛍光体微粒子7内、すなわちnmサイズの空間に閉じ込められるのでクーロン相互作用が強く、束縛励起子13の生成確率が増大し、束縛励起子濃度が増大する。このように束縛励起子濃度が大きいので、束縛励起子13の消滅に伴って発生する発光強度が増大する。また、この場合には、ドナーとアクセプターのエネルギー準位の深さに応じた発光波長が得られる。例えば、ZnSにドナーとしてAl、アクセプターとしてCuをドーピングすれば緑色の発光が得られる。

【0020】また、蛍光体微粒子7に発光原子または発光原子イオンをドーピングした半導体微粒子を使用すれば、加速された電子9が発光原子または発光原子イオンを衝突励起し、発光原子または発光原子イオンの励起状態から基底状態に遷移するときに特定の波長の蛍光を発生する。例えば、ZnSにMnを発光原子としてドーピングすれば、黄橙色発光が得られる。本発明によれば、極めて高効率で電子9を加速できるので、発光中心原子を有する蛍光体微粒子層8を高輝度に発光させることができる。

【0021】以上のように、本発明によれば極めて効率よく電子を加速することができる。原理的には、無損失で電子を加速することができるので、蛍光体微粒子のバンドギャップエネルギーに対応する程度の印加電圧で発光させることができる。例えば、蛍光体微粒子の母体半導体にZnSを用いれば、ZnSのバンドギャップエネルギーが3.7eV程度であるので、約4V程度の印加電圧で発光させることが可能である。従って、図1

(b)及び(c)の構成でも高輝度で発光させることができる。

【0022】次に、単純マトリクス駆動による本発明の固体自発光表示装置を説明する。図3は、単純マトリクス駆動による本発明の固体自発光表示装置の構成を示すもので、図3(a)は断面図、図3(b)は平面図である。固体自発光表示装置30は、基板31と、基板31上に形成した複数の互いに平行なストライプ状の下部電極2と、下部電極2を形成した基板31上に積層した発光薄膜3と、発光薄膜3上に下部電極2と直交マトリクスを成すように形成した複数の互いに平行なストライプ状の上部電極4とから構成されている。上部電極4は透明のITO膜で形成されている。下部電極2と上部電極4の交差部分を画素とし、複数の下部電極2と複数の上部電極4の内から任意の一组を選択し、下部電極2と上部電極4の間に電圧を印加することによって任意の位置の画素を発光させる。このようにして、画像、動画を



表示することができる。図 1 及び図 2 に説明した発光薄膜 3 を使用しているので、高効率発光、高輝度発光、薄型、かつ信頼性の高い固体自発光表示装置 30 が得られる。

【0023】次に、アクティブ駆動による本発明の固体自発光表示装置を説明する。図 4 は、アクティブ駆動による本発明の固体自発光表示装置の構成を示すもので、図 4 (a) は断面図、図 4 (b) は平面図である。本発明の固体自発光表示装置 40 は、基板 31 上に形成した複数の互いに平行なストライプ状の走査配線 41 と、走査配線 41 を形成した基板 31 上に積層した第 1 の絶縁層 42 と、第 1 の絶縁層 42 上に走査配線 41 と直交マトリクスを成すように形成した複数の互いに平行なストライプ状の信号配線 43 と、信号配線 43 を形成した第 1 の絶縁層 42 上に積層した第 2 の絶縁層 44 と、第 2 の絶縁層 44 上に形成しかつマトリクス交点近傍に形成した画素電極 45 と、画素電極 45 を形成した第 2 の絶縁層 44 上に積層した発光薄膜 3 と、発光薄膜 3 上に形成した表示面全体を覆う透明な上部電極 4 と、を有している。

【0024】走査配線 41 上のマトリクス交点には、薄膜トランジスタのゲート電極 46 が第 1 の絶縁層 42 中に突出して設けられており、第 1 の絶縁層 42 上のゲート電極 46 に対向する位置に薄膜トランジスタのチャネル 47 が設けられており、チャネル 47 の一端はドレイン電極 48 を介して信号配線 43 に接続され、チャネル 47 の他端はソース電極 49 を介して画素電極 45 に接続されている。複数の走査配線 41 と複数の信号配線 43 の内から任意の一组を選択し、電圧を印加することによって任意の画素電極 45 と上部電極 4 との間に電圧が印加され、発光薄膜 3 の画素電極 45 に対応する部分が発光する。このようにして、画像、動画像を表示することができる。本発明では、図 1 及び図 2 に説明した発光薄膜 3 を使用しているので、高効率発光、高輝度発光、薄型で、かつ信頼性の高い固体自発光表示装置が得られる。また、この構成によれば、薄膜トランジスタが on している画素電極と off している画素電極の電圧比を大きくできるので画素間の消光比が大きくなり、高分解能表示が可能になる。また、単純マトリクス方式に比べ僅かな電力で駆動できるので高速表示が可能になる。

【0025】次に、本発明の固体自発光表示装置の製造方法を説明する。始めに、Si 単結晶微粒子と SiO<sub>2</sub> 膜からなる絶縁被膜単結晶微粒子の製造方法を説明する。図 5 は、本発明の SiO<sub>2</sub> 被膜 Si 単結晶微粒子の製造方法を説明する図である。図において、製造装置 50 は、Si 単結晶微粒子生成部 51 と、SiO<sub>2</sub> 被膜形成部 52 とを有する開管構造を有しており、入り口 53 から SiH<sub>4</sub> (シラン) ガス 54 を流入させ、SiH<sub>4</sub> 54 の熱分解温度に保った Si 単結晶微粒子生成部 51 で SiH<sub>4</sub> ガス 54 を熱分解し、空間に浮遊した状態の

nm サイズの Si 単結晶微粒子 5a を生成する。生成した Si 単結晶微粒子 5a は気体の流れ、すなわち流気体によって、または重力によって SiO<sub>2</sub> 被膜形成部 52 に搬送され、SiO<sub>2</sub> 被膜形成部 52 に導入する酸素ガス 55 によって空間に浮遊状態の Si 単結晶微粒子 5a の表面に nm 厚さの SiO<sub>2</sub> 被膜 5b が形成される。このようにして形成した SiO<sub>2</sub> 被膜 Si 単結晶微粒子 5 を、流気体または重力によって出口 56 へ搬送し、収集する。この方法によって SiO<sub>2</sub> 被膜 Si 単結晶微粒子を生成すると、Si 単結晶微粒子同士が接触と同時に結合して、隙間が多い Si 単結晶微粒子の固まりとなることがなく、個々に分離した SiO<sub>2</sub> 被膜 Si 単結晶微粒子が得られる。

【0026】次に、絶縁被膜単結晶微粒子及び蛍光体微粒子を基板上に積層して発光薄膜を形成する方法を説明する。図 6 は、本発明の絶縁被膜単結晶微粒子及び蛍光体微粒子を基板上に積層する方法を説明する図である。図は、絶縁被膜単結晶微粒子 5 または蛍光体微粒子 7 を溶かした溶媒 61 中に、下部電極 2 または画素電極 45 を形成した基板 62 を浸漬し、基板 62 を引き上げつつある状態を示している。溶媒 61 中の絶縁被膜単結晶微粒子 5 または蛍光体微粒子 7 である微粒子 63 は、溶媒 61 の表面張力、微粒子 63 の基板 62 への吸着エネルギー等からなる表面自由エネルギーを最小にするように基板 62 に付着し、その結果、基板 62 上には微粒子 63 が互いに密に配列した微粒子 63 一層からなる微粒子層 64 が形成される。基板 62 の浸漬と引き上げを繰り返すことによって、くり返し回数分の微粒子層 64 を互いに密に積層することができる。

【0027】図 1 (a) に示した構成の発光薄膜 3 を形成する場合は、絶縁被膜単結晶微粒子 5 と蛍光体微粒子 7 とを別々の溶媒にとかし、一方の溶媒で上記工程を繰り返して所望の膜厚に積層し、次に、他方の溶媒で上記工程を繰り返して所望の膜厚に積層して形成する。図 1 (b) に示した構成の発光薄膜 3 を形成する場合は、絶縁被膜単結晶微粒子 5 と蛍光体微粒子 7 とを別々の溶媒にとかし、それぞれの溶媒で交互に上記工程を繰り返して、絶縁被膜単結晶微粒子層 6 と蛍光体微粒子層 8 とを交互に一層ずつ積層して形成する。図 1 (c) に示した構成の発光薄膜 3 を形成する場合は、絶縁被膜単結晶微粒子 5 と蛍光体微粒子 7 を同一の溶媒にとかし、上記工程を繰り返して所望の膜厚に積層して形成する。このようにして形成した発光薄膜は、微粒子が緻密に配列して隙間が少ないため、電界分布が均一になり、トンネル確率も増大し、効率よく電子を加速することができる。また、蛍光体微粒子が緻密に配列しているので輝度が高い。

【0028】

【発明の効果】上記説明から理解されるように本発明によれば、従来の表示装置に比べ飛躍的に高輝度、高効

率、高信頼性、かつ薄型の固体自発光表示装置を提供することができる。また、本発明によれば、低コストでこの固体自発光表示装置を製造することができる。したがって、本発明を携帯機器等のディスプレイ装置として用いれば、従来の液晶ディスプレイに比べて、遙かに低消費電力、高輝度、薄型、かつ信頼性が高いので、極めて有用である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の固体自発光表示装置の発光部の構成を示す模式断面図であり、(a)は、絶縁被膜結晶微粒子層と蛍光体微粒子層とを2層構造に積層する構成を示す図、(b)は、絶縁被膜結晶微粒子層と蛍光体微粒子層とを交互に一層ずつ積層する構成を示す図、(c)は、絶縁被膜結晶微粒子と蛍光体微粒子とからなる混合層を積層する構成を示す図である。

【図2】本発明の固体自発光表示装置の動作原理を説明するための模式図で、(a)は絶縁被膜結晶微粒子層を拡大して示しており、(b)は蛍光体微粒子層を拡大して示している。

【図3】単純マトリクス駆動による本発明の固体自発光表示装置の構成を示し、(a)は断面図、(b)は平面図である。

【図4】アクティブ駆動による本発明の固体自発光表示装置の構成を示し、(a)は断面図、(b)は平面図である。

【図5】本発明のSiO<sub>2</sub>被膜Si単結晶微粒子の製造方法を説明する図である。

【図6】本発明の絶縁被膜単結晶微粒子及び蛍光体微粒子を基板上に積層する方法を説明する図である。

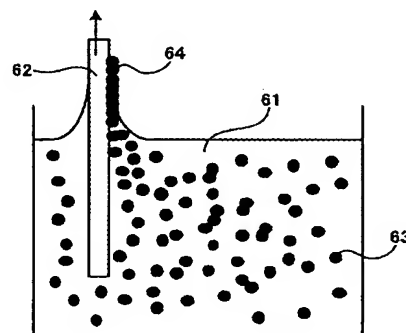
#### 【符号の説明】

- 1 発光部
- 2 下部電極
- 3 発光薄膜
- 4 上部電極
- 5 絶縁被膜結晶微粒子 (SiO<sub>2</sub> 被膜Si単結晶

微粒子)

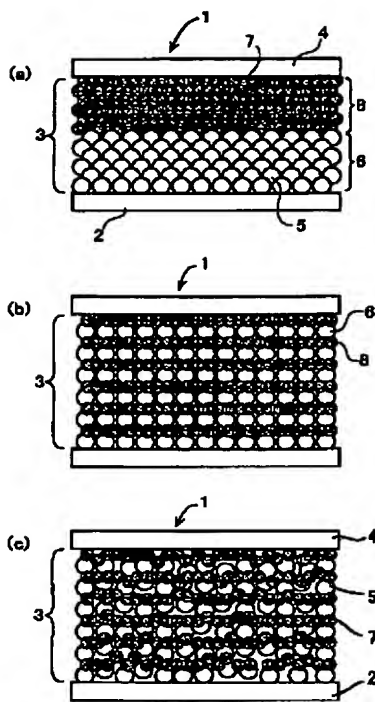
- 5 a Si単結晶微粒子
- 5 b SiO<sub>2</sub>被膜
- 6 絶縁被膜結晶微粒子層
- 7 蛍光体微粒子
- 8 蛍光体微粒子層
- 9 電子
- 1 1 伝導帯に励起された電子
- 1 2 価電子帯に励起されたホール
- 1 3 励起子
- 3 0 単純マトリクス駆動型の固体自発光表示装置
- 3 1 基板
- 4 0 アクティブマトリクス駆動型固体自発光表示装置
- 4 1 走査配線
- 4 2 第1の絶縁層
- 4 3 信号配線
- 4 4 第2の絶縁層
- 4 5 画素電極
- 4 6 ゲート電極
- 4 7 チャンネル
- 4 8 ドレイン、ドレイン電極
- 4 9 ソース、ソース電極
- 5 0 製造装置
- 5 1 Si単結晶微粒子生成部
- 5 2 SiO<sub>2</sub>被膜形成部
- 5 3 入り口
- 5 4 SiH<sub>4</sub>ガス
- 5 5 O<sub>2</sub>ガス
- 5 6 出口
- 6 1 溶媒
- 6 2 基板
- 6 3 微粒子
- 6 4 微粒子層

【図6】

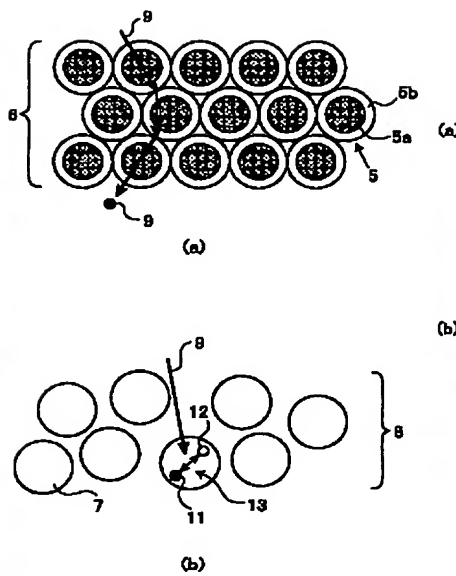




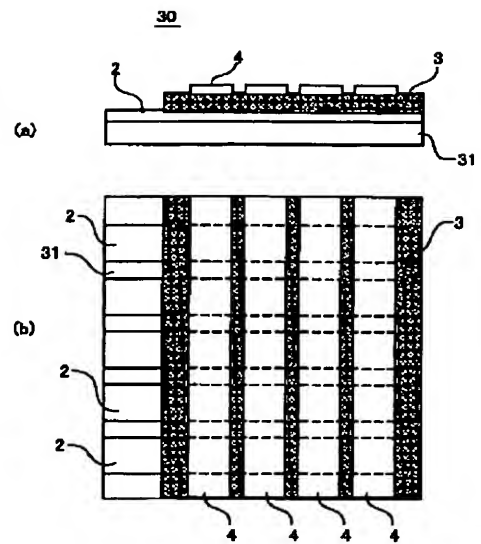
【図1】



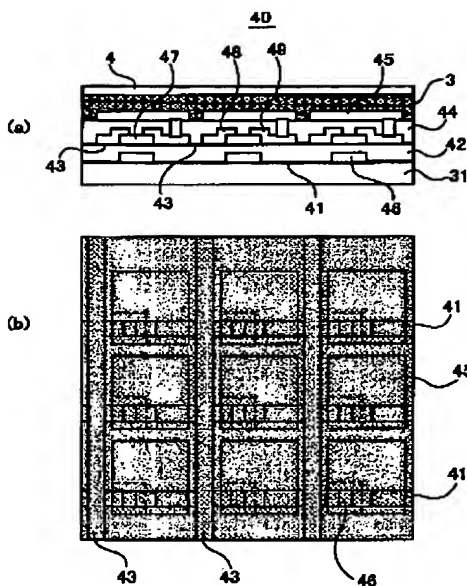
【図2】



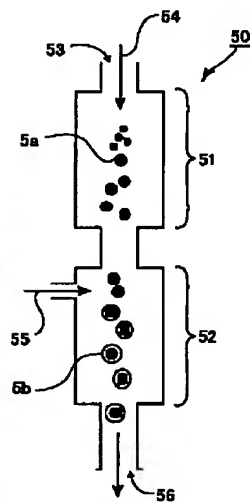
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 嶋田 寿一  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 椎木 正敏  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 小田 俊理  
東京都目黒区大岡山 2-12-1  
(72)発明者 越田 信義  
東京都小金井市中町 2-24-16

Fターム(参考) 3K007 AB02 AB03 AB18 BA06 EA03

FA01 GA00

5C094 AA10 AA15 AA22 AA31 AA43

BA03 BA27 BA28 CA19 CA23

DA13 EA04 EA05 FB02 FB14

FB15 GB10

5G435 AA03 AA14 AA16 AA18 BB05

CC09 CC12 HH01 HH13 HH14

KK05 KK10